

RC セグメント耐火性能確認（その1：耐火実験結果）

西松・戸田・奥村特定建設工事共同企業体
西松建設 技術研究所

正会員 ○野本 雅昭
正会員 椎名 貴快

1. はじめに

大断面道路トンネルのシールド工事に使用する RC セグメントに、耐火性確保のため、有機繊維（ポリプロピレン，以下 PP）（表-1）を混入したコンクリートを使用する．コンクリートの耐火性能（爆裂抵抗性，温度上昇特性）は，(i)小型試験体の加熱試験により爆裂防止に必要な繊維混入量を選定した後，(ii)実大模擬試験体で所要性能を確認した．本稿では，加熱実験の概要と結果について述べる．

2. 耐火性能確認実験 1（繊維混入量の選定）

2. 1 試験体と試験ケース

試験体の寸法は，幅 300mm×高さ 300mm×長さ 1,200mm（加熱炉の制約より）で，コンクリート中の PP 繊維の混入量を実験要因として，本工事の特記仕様書に示された必要量（2.0kg/m³以上）を考慮し，4水準（0.0〔比較用〕，2.0，2.5，3.0kg/m³）とした（表-2）．

2. 2 コンクリート配合と使用材料

コンクリートは設計基準強度 51N/mm² で，W/C ≤45%（規定），普通ポルトランドセメントを使用し，骨材には硬質砂岩を用いた．No.1～4 試験体の加熱試験時におけるコンクリート圧縮強度は 74.0～80.4N/mm² で概ね同程度であった（表-2）．

2. 3 加熱条件

試験体を加熱炉上部に蓋のように3体並列で設置（写真-1）し，試験体の下面（加熱範囲〔1体当たり〕：幅 300mm×長さ 900mm）から RABT60 加熱曲線（図-1）で加熱した．

2. 4 実験結果

写真-2 に試験後の加熱面状況を示す．繊維無混入(0.0kg/m³)では加熱面に爆裂が生じ，爆裂面積率 73.4%(=爆裂面積／加熱面積)で，最大爆裂深さ 22mm であった．一方，繊維混入率 2.0kg/m³以上ではコンクリートに爆裂や剥離等は確認されなかった．以上より，爆裂防止に必要な繊維混入率は最小量 2.0kg/m³を選定した．

3. 耐火性能確認実験 2（実大模擬実験）

3. 1 耐火要求性能（許容温度）

RC セグメントの耐火要求性能を表-3 に示す．コンクリート（耐火代以深），鉄筋，継手金物および止水材（地山側）に対する許容温度がそれぞれ設定されている．

3. 2 試験ケース

試験体は，本体部と継手部の2種類とし，本体部は幅 900mm

表-1 有機繊維の仕様

外観	
材質	ポリプロピレン(PP)
密度	0.91g/cm ³
繊維寸法	φ 48μm×20mm

表-2 試験ケース

No.	PP 繊維混入量		圧縮強度(試験時) (N/mm ²)
	kg/m ³	vol. %	
1	0.0	0.00	80.4
2	2.0	0.22	75.8
3	2.5	0.27	74.0
4	3.0	0.33	74.2

備考) 最小混入量 2.0kg/m³(特記仕様書)



写真-1 加熱試験状況

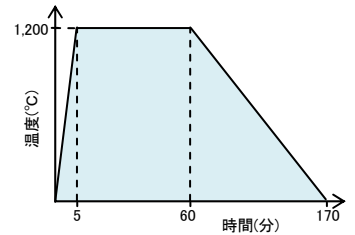
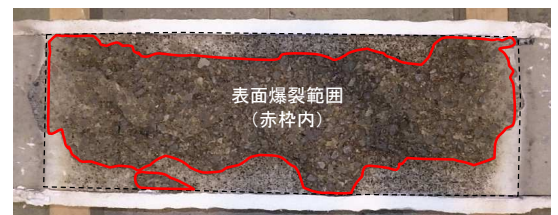


図-1 RABT60 加熱曲線



(a) 繊維無混入



(b) 繊維混入率 2.0kg/m³

写真-2 試験後の加熱面状況

表-3 耐火要求性能（許容温度）

コンクリート (耐火代以深)	鉄筋	継手金物	止水材 (地山側)
350℃以下	300℃以下	350℃以下	100℃以下

備考) 耐火代は内面側表面から深さ 65mm（当初規定）
継手金物及び止水材は継手部試験体のみ

キーワード 大断面，シールドトンネル，道路トンネル，RC セグメント，耐火実験

連絡先 〒105-0004 東京都港区新橋六丁目 17 番 21 号 西松建設 技術研究所 TEL 03-3502-0249

×高さ 535mm(実桁高と同一)×長さ 2,400mm で、内面側中央に把持金物(内部未充填)を配置し、把持金物による周囲への温度影響も確認した(本稿では結果省略)(図-2)。また、継手部は幅 900mm×高さ 535mm×長さ 1,200mm の2体を継手金物(上下2段配置)により連結し、連結部の断面には所定位置に止水材(シーリング材)を設置した(図-3)。耐火代は 65mm(当初規定)で、本体部及び継手部ともに内挿した PC 鋼棒により設計断面力相当を作用させた状態で加熱試験を実施した。

3. 3 加熱方法

加熱試験は RABT60 加熱曲線に準じて行い、加熱範囲は試験体下面の幅 900mm×長さ 2,000mm とした。

3. 4 実験結果

加熱試験時におけるコンクリート圧縮強度は $76.9 \sim 83.2\text{N/mm}^2$ で、小型試験体を用いた事前試験の時と同程度であった。

(1) 加熱面状況

写真-3 に試験前後での加熱面状況を示す。本体部及び継手部ともに、加熱後は薄黄色を帯びた焼色に変色しているが、爆裂や剥離の箇所はなく、有害なひび割れも確認されなかった。

(2) 試験体内部の受熱温度履歴

図-4 に本体部および継手部におけるコンクリート、鉄筋、継手金物および止水材(地山側)の受熱温度履歴を示す。なお把持金物周辺の温度履歴は、別途、(その2: 設計への反映)を参照。温度履歴結果から、耐火代 65mm 位置でのコンクリート、鉄筋、継手金物(内面側)及び止水材(地山側)の最高温度は、それぞれ規定の許容温度(表-3)以下であることを確認した。

(3) 中性化深さ

加熱試験後に採取したコア供試体にフェノールフタレイン 1%エタノール溶液を噴霧して中性化深さを確認した結果、加熱による中性化深さは平均 2.0mm で、鉄筋かぶりに対して極めて小さい値であった。

4. まとめ

小型試験体及び実大模擬試験体で加熱実験を実施した結果、耐火用 PP 繊維を 2.0kg/m^3 混入し、耐火代 65mm を確保することで、コンクリートや鉄筋、継手金物及び止水材は許容温度以下となり、コンクリートに爆裂や剥離、有害なひび割れ等が生じないことを確認した。

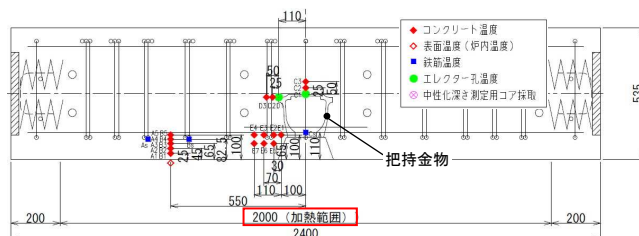


図-2 試験体（本体部）

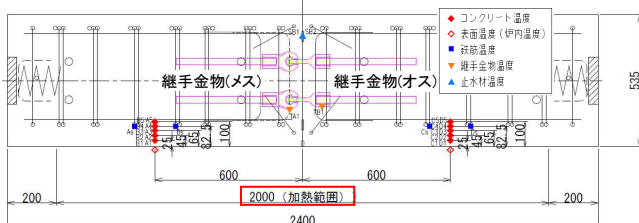


図-3 試験体（継手部）

写真-3 加熱面状況（試験前後）

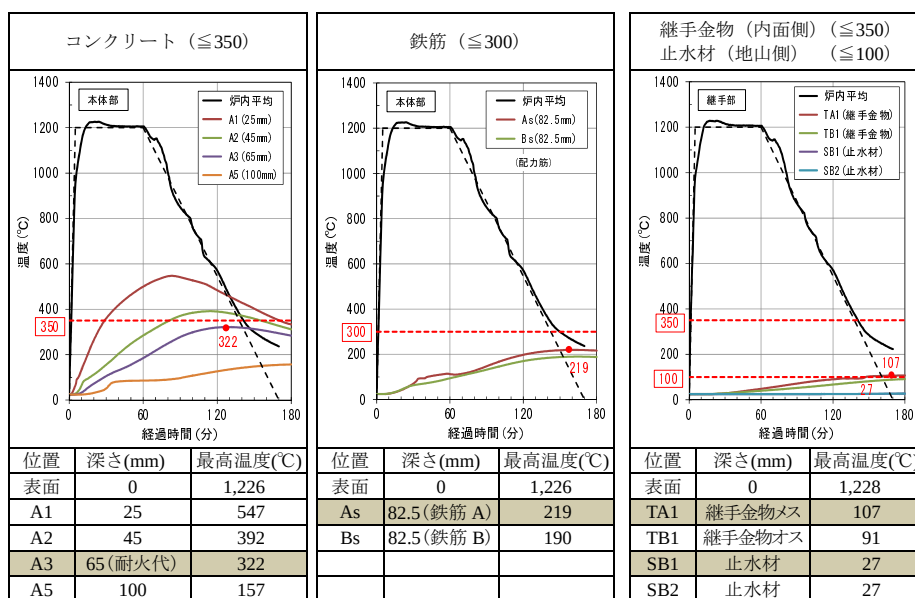
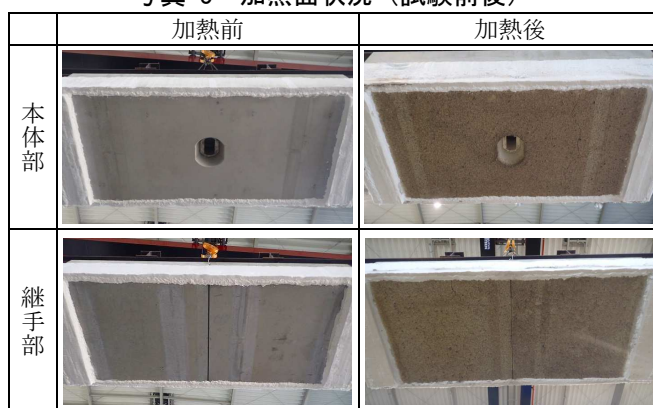


図-4 受熱温度履歴（コンクリート、鉄筋、継手金物、止水材）